

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - CAMPUS MONTE CARMELO
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

ISADORA RIBEIRO DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DE ORTOIMAGENS GERADAS POR AERONAVES
REMOTAMENTE PILOTADAS PARA USO NO CADASTRO TÉCNICO
MULTIFINALITÁRIO DE PEQUENAS CIDADES**

MONTE CARMELO – MG

06/2019

ISADORA RIBEIRO DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DE ORTOIMAGENS GERADAS POR AERONAVES
REMOTAMENTE PILOTADAS PARA USO NO CADASTRO TÉCNICO
MULTIFINALITÁRIO DE PEQUENAS CIDADES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geografia da Universidade Federal
de Uberlândia, como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de
Agrimensura e Cartográfica.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de
Araújo Gallis

MONTE CARMELO – MG

06/2019

ISADORA RIBEIRO DE SOUZA

AVALIAÇÃO DE ORTOIMAGENS GERADAS POR AERONAVES REMOTAMENTE
PILOTADAS PARA USO NO CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO DE
PEQUENAS CIDADES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geografia da Universidade Federal
de Uberlândia, como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de
Agrimensura e Cartográfica.

Aprovado em: 19 de Junho de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis (Orientador)
Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU)

Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa (Membro convidado)
Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU)

Eng. Agri. e Cart. Weldon Martins dos Santos (Membro Convidado)
Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU)

MONTE CARMELO – MG

06/2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, José Humberto e Jaqueline, meus irmãos, Guilherme e Natália, meu namorado Marco Túlio e meu filho Rafael, por todo apoio e incentivo na conclusão do curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela minha saúde, por me fortalecer nos momentos difíceis, e por me conceder sabedoria e paciência para conseguir concluir com êxito mais esta etapa de minha vida.

Aos meus pais, José Humberto e Jaqueline, por serem meu alicerce e minhas principais referências de amor, trabalho e companheirismo. Agradeço pelo incentivo e apoio nas minhas decisões, por me acolherem com carinho e paciência, e principalmente pela confiança colocada em mim. Por eles essa etapa foi concluída.

Aos meus irmãos Guilherme e Natália, pela torcida, pelas risadas, pelas conversas, pelas orações e pelo apoio. Vocês são muito especiais.

A meu namorado Marco Túlio pelo apoio e carinho, que sempre me estimula a vencer as minhas dificuldades e superar os meus limites. Não tenho palavras para expressar minha gratidão.

Ao meu filho Rafael, que transformou minha vida de todas as formas e me ensinou a amar incondicionalmente, quando penso em desistir, é dele que eu lembro e assim consigo mais força para continuar caminhando e tentar ser uma pessoa melhor a cada dia.

Aos meus colegas da 8º turma de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, pelo aprendizado, risadas, experiências trocadas. Vocês são demais.

Sou grata ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis, pelo apoio e por todo o aprendizado, por acreditar em mim e não medir esforços me auxiliando neste trabalho. Deixo um forte abraço e os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço a banca examinadora, o Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa e o Eng. Agrimensor e Cartógrafo Weldon Martins dos Santos, pela disposição e por terem aceitado o convite de ser membro convidado na defesa do TCC II.

Por fim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho diretamente ou indiretamente, seja por meio de apoio, sugestões ou críticas. Muito obrigada!

“Tentar e falhar é, pelo menos, aprender. Não chegar a tentar é sofrer a inestimável perda do que poderia ter sido.”

(Geraldo Eustáquio de Souza)

RESUMO

Assim como em qualquer sociedade um município por menor que seja está sempre em transformação, novas construções, reformas, novas ampliações e loteamentos, fazem parte do cotidiano da maior parte das cidades brasileiras. O maior desafio da administração municipal é encontrar mecanismos eficientes e economicamente viáveis para fiscalizar e planejar a evolução de sua cidade. O CTM é uma ferramenta de gestão territorial que contribui para o desenvolvimento e gestão dos municípios. O CTM é importante para o município, pois, auxilia na arrecadação e implantação de políticas públicas, como saúde, educação, lazer, infraestrutura, entre outros. Um ARP é capaz de voar automaticamente em uma trajetória pré-definida, o mesmo possui uma gama de aplicações possíveis e ampliada de forma significativa. Sendo assim, umas das aplicações possíveis é o Cadastro Técnico e Multifinalitário, podendo obter resultados satisfatório, pois além de possuir um custo inferior as demais técnicas de levantamento ainda auxilia na obtenção de medidas e na atualização de áreas de forma mais rápida e com uma excelente resolução da imagem, onde é possível identificar feições com certo nível de detalhamento.

Palavras-Chave: Cadastro Técnico Multifinalitário, CTM, Drone, ARP, VANT, PEC-PCD

LISTA DE SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ARPs	Aeronaves Remotamente Pilotadas
CTM	Cadastro Técnico Multifinalitário
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
GSD	<i>Ground Sample Distance</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
PEC-PCD	Padrão de Exatidão Cartográfico para Produtos Cartográficos Digital
RI	Registro de Imóveis
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISCART	Sistema de Cadastro e Registro Territorial
SIT	Sistema de Informações Territoriais
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO	11
3	JUSTIFICATIVA	12
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
4.1	CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (CTM)	13
4.2	LEGISLAÇÃO DO CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO	13
4.3	CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO PARA PEQUENAS CIDADES	15
4.4	FOTOGRAMETRIA	15
4.4.1	Aerofotogrametria	16
4.4.2	Plano de Voo	17
4.4.3	Pontos de Controle no Terreno (CHECK POINTS).....	18
4.5	AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARP's).....	19
4.6	LEGISLAÇÃO PARA USO DE ARP's.....	21
4.7	UTILIZAÇÃO DE ARP's NO CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO	23
4.8	PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICO PARA PRODUTOS CARTOGRÁFICOS DIGITAL (PEC-PCD).....	24
5	MATERIAL E METODOLOGIA	25
5.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
5.2	MATERIAL	26
5.3	MÉTODOS	27
5.3.1	Planejamento	28
5.3.2	Aquisição de Dados.....	30
5.3.3	Processamento de Dados	34
5.3.4	Análise dos dados	35
6	RESULTADOS.....	36
7	CONCLUSÃO	42
	ANEXO	47
	ANEXO A – Relatório da Estação Geodésica (99680)	47
	ANEXO B – Descritivo MGMT (99680).....	48
	ANEXO C – Relatório do processamento da base no GNSS Solutions.....	50

1 INTRODUÇÃO

Assim como em qualquer sociedade um município por menor que seja está sempre em transformação, novas construções, reformas, novas ampliações e loteamentos, fazem parte do cotidiano da maior parte das cidades brasileiras. O maior desafio da administração municipal é encontrar mecanismos eficientes e economicamente viáveis para fiscalizar e planejar a evolução de sua cidade.

Atualmente, uma das técnicas vigentes é o Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), que é um sistema de informação geográfica (SIG) que utiliza dados vetoriais e matriciais voltados para a gestão urbana municipal, direcionado ao monitoramento da expansão urbana e melhor compreensão do espaço por ele administrado, viabilizando melhorias na qualidade de vida de todos os habitantes. Assim, tem por finalidade elaborar um planejamento urbano, realizar a tributação de impostos, licenciamento e fiscalização dos imóveis, e demais funções que são de competência do município.

Entretanto o CTM necessita por sua vez de uma base cartográfica atualizada. Um dos obstáculos para manter essas bases atualizadas costuma ser o alto custo deste processo, que é um dos principais problemas dos administradores dos municípios e/ou estado. Em relação a essas finanças sabe-se que o estado de Minas Gerais enfrenta uma grande crise financeira que de modo geral afeta todos os municípios do estado e assim diminui gastos com investimento e melhorias para os mesmos.

Dados do Portal da Transparência mostra que em 2017, a arrecadação do estado ficou em torno de R\$ 57 bilhões, enquanto a folha de pagamentos somou aproximadamente R\$ 49,9 bilhões. O gasto com os inativos já representa cerca de 68% do total pago aos ativos. Com o orçamento comprometido, serviços básicos como saúde, educação etc. começaram a falhar. Logo, Minas Gerais fica em terceiro lugar no ranking dos estados, como o estado com pior solidez fiscal e mais insolvente, e em quarto lugar como o estado com menor capacidade de investir.

Casos similares ao estado de Minas Gerais ou até mesmo por não julgarem ser uma prioridade dos municípios tornam-se um dos fatores que contribuem para que os demais estados do país e seus respectivos municípios optem por não atualizarem ou implantem o cadastro técnico desses municípios. Desta forma, alternativas de baixo custo podem se

mostrar mais viáveis para que se faça acontecer o CTM, principalmente para cidades de pequeno porte.

Dados geográficos podem ser coletados por técnicas de Topografia, porém tende à necessidade de um longo prazo de preparo do produto final, além de possuir um alto custo de projeto. Visando reduzir o custo total e o tempo de espera, as prefeituras municipais estão optando em aderir ao registro das informações através de ARPs, que são pequenas aeronaves leves e remotamente controladas, que coletam imagens que por sua vez, são utilizadas como ferramentas de gestão, para que as prefeituras possam aumentar sua arrecadação com a atualização da carta topográfica e implantação do cadastro técnico multifinalitário.

Por meio destes, o registro dos dados (no caso, imagens aéreas) é feito através de uma câmera digital de pequeno formato e alta resolução, combinado com informações topográficas da área a ser mapeada (pontos de controle coletados em solo antes do levantamento aéreo), isto se resulta em um produto de alto nível de detalhamento e de alta precisão posicional.

Ou seja, nos dias atuais buscam-se técnicas que sejam mais seguras, eficientes, com custo mais acessível para prefeitura e resposta rápida, e os mapeamentos aéreos estão mostrando que podem chegar a um resultado de alta qualidade e precisão, em um curto prazo de tempo, comparado às técnicas convencionais.

Sendo assim, o presente trabalho tem como hipótese verificar se é viável a utilização de ARP para geração de ortoimagem tendo como finalidade a realização do CTM de pequenas cidades, visando os benefícios que o mesmo pode proporcionar para o desenvolvimento do município.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a potencialidade da ortoimagem gerada através de Aeronaves Remotamente Pilotadas para uso no Cadastro Técnico Multifinalitário de pequenas cidades. Com intuito de atingir este objetivo, foi realizada a classificação e avaliação da precisão da ortoimagem produzida através da realização de um voo no município de Romaria – MG, para verificar se a mesma atende aos padrões cartográficos que possibilite sua utilização no CTM.

3 JUSTIFICATIVA

Existem diversas maneiras de se realizar o Cadastro Técnico Multifinalitário, seja por meio de imagens de satélites, aerofotogrametria convencional, topografia etc. Mas em relação à situação da grande maioria dos municípios estas técnicas se tornam inviáveis, pois grande parte dos municípios do Brasil possui o número de habitantes inferior a quantidade obrigatória para se realizar o CTM. Ou seja, são municípios pequenos (de até 4000). Desta forma para estes municípios torna-se inviável realizar o CTM por técnicas convencionais, pois estas muitas vezes possuem um alto custo e/ou longo prazo de serviço.

Para realizar o CTM através de imagens de satélites, precisaria obter imagens com uma alta resolução (GSD), mas imagens com alto nível de resolução em torno dos centímetros que atendam os fins do CTM são muito caras, com isso faz com que esta técnica se torne inviável para municípios pequenos.

Por aerofotogrametria convencional, seria necessário realizar um voo, para isto é necessário contratar uma empresa especializada e autorizada pelo Ministério da Defesa, empresa esta que teria uma aeronave com equipamentos apropriados para este tipo de levantamento que em sua maioria fica muito caro, por isso também é inviável utilizar esta técnica.

Embora as técnicas citadas sejam utilizadas para este tipo de trabalho, hoje em dia existem alternativas que podem retornar resultados bastante satisfatórios, uma das técnicas possíveis que possui um baixo custo e curto tempo de serviço em relação às demais seria utilizando VANTS (Veículos aéreos não tripulados ou remotamente pilotados), que além de possuir essas vantagens, podem-se conseguir bons resultados. Assim, este projeto de engenharia visa gerar uma ortoimagem por imagens obtidas por ARP e classificar a mesma de acordo com o PEC-PCD, para saber se esta pode ser utilizada no cadastro técnico.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (CTM)

O Cadastro Técnico Multifinalitário é uma ferramenta de gestão territorial que contribui para o desenvolvimento e gestão dos municípios. O CTM é necessário para o município, pois, auxilia na arrecadação e implantação de políticas públicas, como saúde, educação, lazer, infraestrutura, entre outros. O cadastro técnico ainda pode evitar o crescimento desordenado de cidades, e assim auxiliar no seu ordenamento, evitando áreas de risco ou de preservação permanente (APP).

Para Zanetti (2017), o CTM é uma área bastante interessante, mas que precisa de constante atualização dos dados cadastrais, isso porque um município sofre constantemente por influências, sejam elas devido à interferência da natureza ou do homem. E ainda refere-se à portaria nº 511/2009 do estatuto das cidades, sobre alguns métodos para realizar levantamento cadastral e assim obter os limites físicos das parcelas.

Loch (1998), afirma que o CTM é uma área de pesquisa, que envolve vários conceitos que vão desde levantamento até a legislação que rege a ocupação do solo, para se obter a melhor forma de desenvolvimento da área. Zanetti (2017), completa dizendo que, o principal aspecto do CTM é o suporte para o conhecimento territorial, obtidos através de banco de dados públicos contendo informações confiáveis sobre o município. E que estes banco de dados associados à cartografia, são fundamentais para o registro de informações que definem a realidade das propriedades, e assim poder formar o cadastro técnico.

4.2 LEGISLAÇÃO DO CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO

A Portaria número 511 de 7 de Dezembro de 2009 do Ministério das Cidades que estabelece diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros:

“CAPÍTULO I - DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 1º O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), quando adotado pelos Municípios brasileiros, será o inventário territorial oficial e sistemático do município e será embasado no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca.

Art. 2º A parcela cadastral é a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único.

§ 1º É considerada parcela cadastral toda e qualquer porção da superfície no município a ser cadastrada.

§ 2º As demais unidades, como, lotes, glebas, vias públicas, praças, lagos, rios e outras, são modeladas por uma ou mais parcelas de que trata o caput deste artigo, identificadas por seus respectivos códigos.

§ 3º Deverá ser atribuído a toda parcela um código único e estável.

Art. 3º Toda e qualquer porção da superfície territorial no município devem ser cadastradas em parcelas.

Art. 4º Os dados do CTM, quando correlacionados às informações constantes no Registro de Imóveis (RI) constituem o Sistema de Cadastro e Registro Territorial - SICART.

Art. 5º Os dados dos cadastros temáticos, quando acrescidos do SICART, constituem o Sistema de Informações Territoriais (SIT).

§ 1º O cadastro temático compreende um conjunto de informações sobre determinado tema relacionado às parcelas identificadas no CTM.

§ 2º Considera-se como cadastros temáticos, os cadastros fiscais, de logradouros, de edificações, de infra-estrutura, ambiental, socioeconômico, entre outros.

Art. 6º O CTM, bem como os sistemas de informação dos quais faz parte (SICART E SIT), é multifinalitário e atende às necessidades sociais, ambientais, econômicas, da Administração Pública e de segurança jurídica da sociedade. Parágrafo único - O CTM deve ser utilizado como referência básica para qualquer atividade de sistemas ou representações geoespaciais do município.

CAPÍTULO II - DO CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO

Art. 7º O CTM é constituído de: I - Arquivo de documentos originais de levantamento cadastral de campo; II - Arquivo dos dados literais (alfanuméricos) referentes às parcelas cadastrais; III - Carta Cadastral.

Art. 8º Define-se Carta Cadastral como sendo a representação cartográfica do levantamento sistemático territorial do Município.

Art. 9º As informações contidas no CTM e no RI devem ser devidamente coordenadas e conectadas por meio de troca sistemática de dados, com a finalidade de permitir o exercício pacífico do direito de propriedade, proteger e propiciar a segurança jurídica, o mercado imobiliário e os investimentos a ele inerentes.

CAPÍTULO III - DA CARTOGRAFIA CADASTRAL

Art. 10 O levantamento cadastral para a identificação geométrica das parcelas territoriais deve ser referenciado ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB.

Art. 11 Os municípios que adotarem o CTM, no âmbito de sua autonomia, implantarão, conservarão e manterão a inviolabilidade dos marcos vinculados ao SGB, de acordo com as recomendações do IBGE. Parágrafo único - Levantamentos e locações de obras e novos loteamentos devem ser referenciados ao SGB, apoiados nos marcos municipais correspondentes.

Art. 12 O CTM utilizará o sistema de projeção Universal Transverso de Mercator (UTM), até que seja definida uma projeção específica.

§ 1º Aos municípios localizados em mais de um fuso UTM, recomenda-se estender o fuso correspondente à sua sede até o limite municipal, de forma que sejam representados em apenas um único fuso.

§ 2º Poderá ainda ser admitida outra projeção cartográfica, já utilizada no município, até a definição de uma nova projeção para o CTM.

Art. 13 Os vértices que definem os limites de cada parcela devem constituir uma figura geométrica fechada.

§ 1º Os limites legais das parcelas devem ser obtidos, com precisão adequada, por meio de levantamentos topográficos e geodésicos.

§ 2º Os limites físicos das parcelas podem ser obtidos por métodos topográficos, geodésicos, fotogramétricos e outros que proporcionem precisões compatíveis.

Art. 14 A Cartografia Cadastral deve obedecer aos padrões estabelecidos para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE e às normas relativas à Cartografia Nacional, de acordo com o artigo 4º do Decreto 6.666/2008.

Art. 15 Os limites territoriais são cadastrados com atributos específicos, conforme a seguinte ordem de preferência:

I - das parcelas;

II - das áreas de posse, correspondentes ao limite físico;

III - das propriedades, correspondentes ao limite legal;

IV - dos setores cadastrais ou de zoneamento;

V - dos distritos;

VI - dos Municípios;

VII - dos Estados;

VIII - do País. Parágrafo único - No caso de duplicidade de atributo para um determinado limite prevalecerá a ordem de preferência apresentada neste artigo.” (BRASIL, 2009).

4.3 CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO PARA PEQUENAS CIDADES

A necessidade de planejar, fiscalizar e ordenar a expansão dos municípios, em conjunto com legislações mais eficientes, faz com que cada vez mais municípios a fim de obter o planejamento e gestão territorial, busquem implantar o cadastro técnico e multifinalitário. Pois, o mesmo pode trazer diversos benefícios para o município e a população em geral, mas ainda assim existem municípios de grande e pequeno porte que não possui o CTM.

Para Gripp Júnior et al. (2002), “o Cadastro Técnico Multifinalitário de cidades de pequeno porte ainda tem sido realizado por meio de mapas e tabelas impressos em forma analógica. Devido à burocracia ainda predominante em diversos setores no Brasil, principalmente no que tange ao setor público, os mapas analógicos e fichários ainda são a realidade encontrada nos municípios. A implantação de sistemas digitais de banco de dados, bem como a sua manutenção e atualização apresenta custos relativamente elevados, desta forma causando resistência à modernização por parte dos administradores públicos” (apud PFEIFER, 2018).

4.4 FOTOGRAMETRIA

A palavra fotogrametria vem do grego cujo *photon* significa luz, *graphos* significa escrita e *metron* significa medições, assim o termo fotogrametria significa medições realizadas através de fotografias.

Segundo a definição de Lillesand e Kiefer (2000), a fotogrametria é a ciência e tecnologia que obtêm medições e outros produtos de confiança através de fotografias. De acordo com Wolf e Dewitt (2004), fotogrametria é arte, ciência e tecnologia na obtenção de informações confiáveis sobre objetos e ambientes, por meio de medições e interpretação de fotografias e qualquer tipo de imagem. Para Coelho e Brito (2007), a fotogrametria pode reduzir o trabalho de levantamento de campo e ainda melhorar no tempo de obtenção de dados.

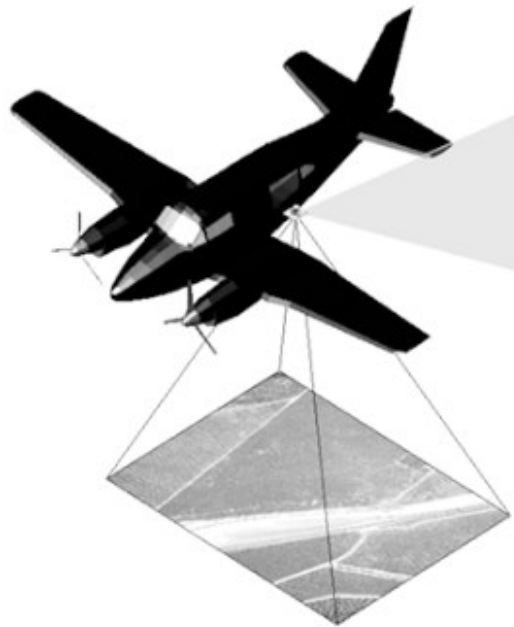
Ainda por Coelho e Brito (2007), a fotogrametria pode ser dividida em três partes: terrestre, orbital e aérea (aerofotogrametria). Esta última será o objeto de estudo do tópico 4.4.1 e também será a técnica utilizada neste projeto de pesquisa.

4.4.1 Aerofotogrametria

Aerofotogrametria é considerada como uma fotografia tomada por meio de uma câmara com vista aérea e rigorosamente calibrada, com o eixo óptico da câmara na vertical. Essas fotos geralmente são obtidas através de aeronaves sejam elas pilotadas por pessoas ou pilotadas por controles (chamadas de remotamente pilotadas) ou espaçonaves. Para Coelho e Brito (2007), a aerofotogrametria é tradicionalmente envolvida com a geomática.

Segundo Loch e Lapolli (1994), existem dois tipos de fotografias: as fotografias verticais, onde as fotos são tomadas com eixo óptico da câmara fotogramétrica na vertical, estas são as mais utilizadas para mapeamento; e as fotografias inclinadas, onde as fotos são tomadas com eixo óptico inclinado em relação à vertical, as chamadas fotografias oblíquas, oblíquas altas quando o horizonte aparece na foto e oblíquas baixas quando o horizonte não aparece na foto.

Figura 1 – Ilustração da aerofotogrametria



Fonte: Costa e Silva (2009).

4.4.2 Plano de Voo

Loch e Lapolli (1994), o plano de voo tem como finalidade, utilizar da melhor forma possível todos os elementos necessários para a execução do voo. Pois, o sucesso do projeto depende da qualidade das fotografias e adequação das mesmas aos demais recursos. Para isso, deve-se realizar um estudo prévio das condições da região que será estudada.

“1º Local em que será executada a cobertura fotográfica:

- a) Localização Geográfica.
- b) Relevo do Terreno.
- c) Região Rural.
- d) Região Urbana.
- e) Condições atmosféricas Locais.

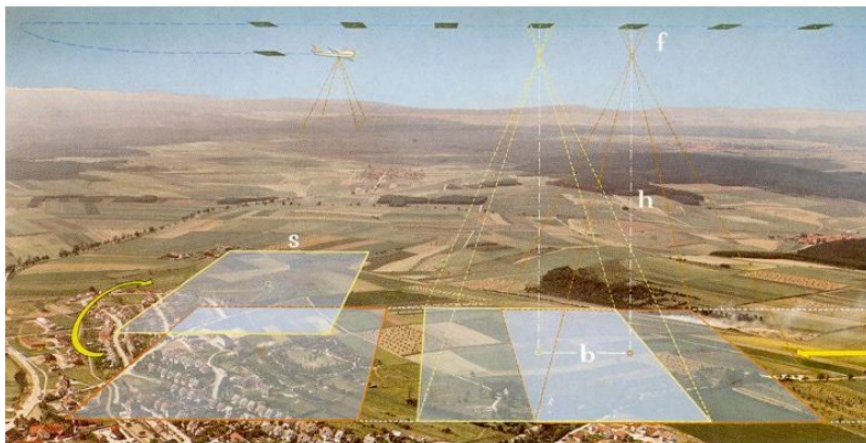
2º Especificações da cobertura a realizar:

- a) Altitude de Voo.
- b) Escala das fotos, de acordo com a necessidade.
- c) Correlação da escala das fotos do modelo (se for o caso de mapeamento).
- d) Superposição longitudinal das fotos.
- e) Superposição lateral das faixas.
- f) Número de pontos de controle na região a fotografar.

3º Equipamento disponível e material de consumo a empregar:

- a) Aeronave (Verificar se a estabilidade é compatível).
- b) Câmara Fotogramétrica.
- c) Tipo de emulsão e do respectivo suporte.
- d) Instrumento restituidor a ser usado.” (LOCH, 1994).

Figura 2 – Tomada das imagens a partir de parâmetros definidos em plano de voo



Fonte: Adaptado de Redweik (2007).

Na tomada das fotos (**Figura 2**), é necessário que cada foto tirada em uma linha/faixas de voo, deve ter uma sobreposição lateral de 25% e sobreposição longitudinal de 60%. Para casos em que será gerada uma ortoimagem, a sobreposição longitudinal pode ser 80%. “O planejamento, mais do que qualquer outra área da Fotogrametria, deve ser executado por profissionais capacitados e experientes” (GONÇALVES et. al., 2010).

4.4.3 Pontos de Controle no Terreno (CHECK POINTS)

Os pontos de controle são indicados para auxiliar na obtenção de resultados mais precisos. Para isso, é indicado que escolha pontos bem definidos e de boa qualidade na área desejada. Segundo Zanetti (2017), existem problemas recorrentes que influenciam na qualidade posicional no processamento e geração de ortoimagens, que é a falta de planejamento dos pontos de controle, onde se faz a análise da quantidade e distribuição dos pontos de controle.

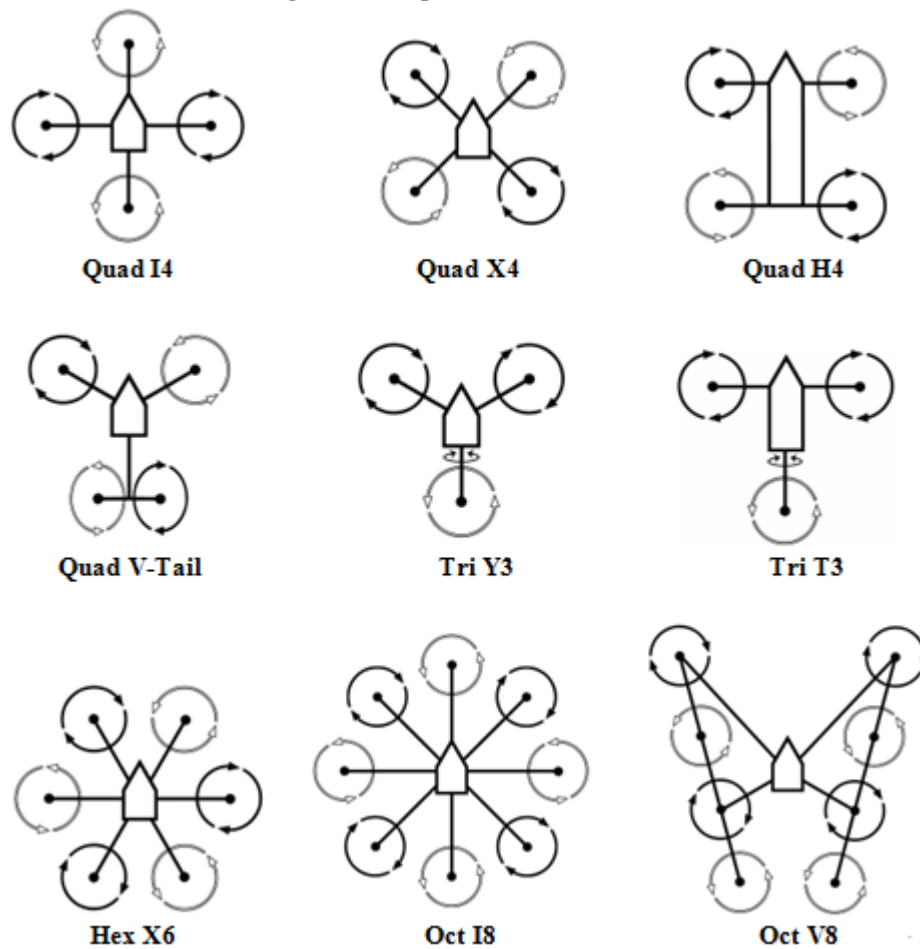
Zanetti (2017) ainda fala que, a partir dos pontos de controle, posteriormente parte para a geração da ortoimagem, onde possui um princípio básico que consiste em transformar a projeção central na imagem em projeção ortogonal ao plano, assim as posições contidas na ortoimagem serão apresentadas em sua verdadeira posição. Para isso precisa saber de parâmetros como posição, inclinação, distorção da câmara aérea no instante da tomada das fotos e informações do terreno.

4.5 AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARP's)

Segundo Nichetti (2016), “drone” é o termo utilizado na descrição de pequenos multirrotores rádio-controlados comprado em lojas de brinquedo, até Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) de aplicação militar, autônomos ou não. Chama-se de aeromodelos equipamentos de uso recreativo e VANTs os equipamentos que possuem finalidades não recreativas, que também podem ser denominados com Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs).

Com o passar do tempo houve avanços na ciência de materiais e engenharia de controle, com isso foi possível desenvolver pequenos ARPs, que equipados com câmaras ou outros sensores, e operados através de uma estação de controle no solo podem ser utilizados em diversas aplicações civis. Assim é possível obter imagens aéreas para utilização em diversas áreas e também imagens infravermelhas (QUARITSCH, 2008).

Existem três tipos existentes de ARPs, são eles: asa fixa, rotor-único e multi-rotor. Os multi-rotores podem ser classificados de acordo com o número de hélices, sendo tricóptero, quadricóptero, hexacóptero e octocóptero, contendo três, quatro, seis e oito hélices respectivamente. Alguns dos tipos de multi-rotores são ilustrados na **Figura 3**. Neste trabalho foi utilizado um multi-rotor modelo Quad I4, um dos mais utilizados no mundo.

Figura 3 – Tipos de multi-rotor

Fonte: Masson e Stenberg (2014).

O VANT de asa fixa tem o fator aerodinâmica a seu favor, pois utiliza asas parecidas as asas de um avião, assim é possível obter uma maior sustentação e um menor gasto de energia, além do mais, os VANTs de asa fixa necessitam de apenas um motor para garantir sua sustentação, enquanto os multi-rotor necessitam de pelo menos três motores. Isso resulta no maior consumo de energia do multi-rotor e consequentemente menor tempo no ar. Os de asa fixa são mais indicados para áreas maiores, pelo fato de conseguir realizar voos mais altos e com boa resolução, enquanto o multi-rotor é indicado para áreas menores, pois realiza voos baixos e mais lentos, porém com uma resolução muito boa.

4.6 LEGISLAÇÃO PARA USO DE ARP's

A ANAC criou o projeto de lei RBAC – E nº 94/2017, que regula as atividades de veículos aéreos não tripulados – VANT ou aeronaves remotamente pilotadas – ARP, comumente chamados DRONES. Esta lei é complementar às normas de operação de drones estabelecidas pelo DECEA e pela ANATEL.

“Disposições gerais

Art. 1º. As operações de veículos aéreos não tripulados (VANT) ou de aeronaves remotamente pilotadas (ARP), independentemente da sua denominação ou finalidade, do peso, da dimensão e da massa no momento da decolagem, estão sujeitas às disposições desta Lei, a fim de garantir a segurança pessoal e nacional.

Art. 2º. Para fins desta Lei considera-se veículo aéreo não tripulado (VANT) ou aeronave remotamente pilotada (ARP), qualquer que seja a sua denominação, todo aparato capaz de deslocar-se no espaço aéreo, atmosfera, troposfera e estratosfera, sem tripulação a bordo e com controle remoto. Parágrafo único. É vedada a utilização dos aparatos referidos no caput deste artigo de forma autônoma.

Art. 3º. Todos os veículos aéreos não tripulados (VANT) ou aeronaves remotamente tripuladas (ARP) são bens móveis registráveis, cuja propriedade deve ser obrigatoriamente registrada independentemente de sua denominação.

Da identificação

Art. 4º. É obrigação dos fabricantes de veículos aéreos não tripulados (VANT) ou de aeronaves remotamente pilotadas (ARP) tomar as medidas necessárias à identificação correta, segura e inequívoca desses produtos, com sinais ou marcas indeléveis, para posterior comercialização, respeitando as regras necessárias do Código de Defesa do Consumidor (Lei n. 8.078, de 11 de setembro de 1990) e da atividade aérea.

Art. 5º Todos os veículos aéreos não tripulados (VANT) ou aeronaves remotamente tripuladas (ARP) deverão ter um registro próprio, em forma de matrícula, assim como seus proprietários deverão ser devidamente identificados, para o fim de expedição de certificado de aeronavegabilidade, mediante o qual, estando o operador devidamente habilitado, estarão aptos ao funcionamento.” (BRASIL, 2017).

Os drones foram classificados de três formas, comercial, corporativo ou experimental (ARP), de acordo com o peso máximo de decolagem do equipamento. Apresentado no **Quadro 1** a seguir:

Quadro 1 – Classificação de drones

CLASSE	PESO MÁXIMO DE DECOLAGEM	EXIGÊNCIAS DE AERONAVEGABILIDADE
Classe 1	Acima de 150 kg	A regulamentação prevê que equipamentos desse porte sejam submetidos a processo de certificação similar ao existente para as aeronaves tripuladas, promovendo ajustes dos requisitos de certificação ao caso concreto. Esses drones devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 2	Acima de 25 kg e abaixo ou igual a 150 kg	O regulamento estabelece os requisitos técnicos que devem ser observados pelos fabricantes e determina que a aprovação de projeto ocorrerá apenas uma vez. Além disso, esses drones também devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 3	Abaixo ou igual a 25 kg	<p>A norma determina que as ARP Classe 3 que operem além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés (120 m) deverão ser de um projeto autorizado pela ANAC e precisam ser registradas e identificadas com suas marcas de nacionalidade e matrícula.</p> <p>Drones dessa classe que operarem em até 400 pés (120 m) acima da linha do solo e em linha de visada visual (operação VLOS) não precisarão ser de projeto autorizado, mas deverão ser cadastradas na ANAC por meio do sistema SISANT, apresentando informações sobre o operador e sobre o equipamento.</p> <p>Os drones com até 250 g não precisam ser cadastrados ou registrados, independentemente de sua finalidade (uso recreativo ou não).</p>

Fonte: Adaptado de ANAC (2017).

Figura 4 – Resumo da regulamentação da ANAC

	RPAS Classe 1	RPAS Classe 2	RPAS Classe 3	Aeromodelos
Registro da aeronave?	Sim	Sim	BVLOS: Sim VLOS: Sim ¹	Sim ¹
Aprovação ou autorização do projeto?	Sim	Sim ²	Apenas BVLOS ou acima de 400 pés ²	Não
Limite de idade para operação?	Sim	Sim	Sim	Não
Certificado médico?	Sim	Sim	Não	Não
Licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas para operações acima de 400 pés	Apenas para operações acima de 400 pés
Local de operação	A distância da aeronave não tripulada NÃO poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes. Esse limite não é aplicável para operações por órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes.			

1 Todos os aeromodelos acima de 250 gramas e RPA entre 250 gramas e 25 kg que se destinem a operações na linha de visada visual (VLOS) até 400 pés acima do nível do solo, devem ser cadastrados por meio de ferramenta online disponível no endereço <https://sistemas.anac.gov.br/sisant>.
 2 Para todos os RPAS Classe 2 e os RPAS Classe 3 que se destinam a operações além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés, o fabricante pode optar pelo processo de certificação de tipo estabelecido no RBAC nº 21 ou pela autorização de projeto na Subparte E do RBAC-E nº 94.

Fonte: ANAC (2017).

4.7 UTILIZAÇÃO DE ARP's NO CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO

Se um VANT é capaz de voar automaticamente em uma trajetória pré-definida, a gama de aplicações possíveis é ampliada de forma significativa (MEISTER et al., 2007). Pensando nisto, umas das aplicações possíveis dos ARPs é o CTM.

Os VANTs podem obter resultados satisfatórios para o CTM, pois além de possuir um custo inferior as demais técnicas de levantamento ainda conseguem obter medidas e atualização de áreas de forma mais rápida e com uma excelente resolução de imagem, onde é possível identificar feições com certo nível de detalhamento.

4.8 PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICO PARA PRODUTOS CARTOGRÁFICOS DIGITAL (PEC-PCD)

O PEC (Padrão de Exatidão Cartográfico) decreto de lei nº 89.817, de 20 de junho de 1984, disposições no capítulo II, seções I e II, que estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. O PEC é um indicador estatístico, que possui probabilidade de 90%, no que diz respeito à exatidão de trabalhos cartográficos (VOLPI, 2018).

Tendo em vista que o decreto nº 89.817/1984 tem quase 35 anos e estava desatualizado em relação às tecnologias atuais. Assim, o exército brasileiro definiu o PEC para Produtos Cartográficos Digitais, chamado de PEC-PCD, que contém Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais, nas Portarias de nº 014/2014 e nº 008/2016 – DCT, e as Especificações Técnicas para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais na Portaria nº 012/2015 - DCT. Neste contexto, segue abaixo a ficha técnica do PCD nº 008/2016 para produção de conjuntos de dados geoespaciais do tipo ortoimagem:

“Capítulo II

7.2.1 visão geral

- 1) Conteúdo: a Ortoimagem é um produto cartográfico formado a partir da composição, combinação, união, ou fusão de uma ou de várias imagens ortorretificadas, com as qualidades pictóricas da(s) imagem(s) original(is) e a geometria ortogonal derivada de uma projeção cartográfica. É permitida a elaboração de Ortoimagens multiespectrais a partir do emprego de várias bandas espectrais das imagens originais;
- 2) Abrangência: As Ortoimagens podem ser produzidas em qualquer data e para qualquer região do EGB. As características técnicas devem ser similares às das Cartas Gerais nas escalas 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000, 1:10.000, 1:2.000 e 1:1.000;
- 3) Propósito: Ser utilizado como dado acessório e subsidiário do SCN e/ou do SCM, na falta de produtos de conjuntos de dados do tipo vetoriais ou topográficos matriciais de referência, além do propósito específico para o qual tenha sido elaborado;
- 4) Insumos: Os principais insumos são: Conjunto de Dados Geoespaciais Subsidiários e Acessórios do SCN do tipo Modelo Digital de Elevação (Capítulo VI), imagens não ortorretificadas, parâmetros de orientação do sensor e da imagem e coeficientes do modelo matemático;
- 5) Processos de produção: Uma Ortoimagem é gerada a partir de diversos processos, tais como: imageamento, processamento digital de imagens, ortorretificação de imagens, geocodificação SAR e construção do mosaico de imagens;
- 6) Manutenção do Produto: Normalmente não é prevista a manutenção, pois a geração de uma nova Ortoimagem somente ocorre quando a sua substituição por um mosaico de imagens mais atualizado.” (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2016).

4.9 NBR 14166

Modelos de instrumentos legais para oficialização da Rede de Referência Cadastral Municipal

“D.3 Modelo de lei municipal instituindo a Base Cartográfica Municipal apoiada na Rede de Referência Cadastral Municipal já oficializada por decreto do Poder Executivo Municipal

CAPÍTULO I - DA BASE CARTOGRÁFICA

Artigo 1º

§ 2º - Constituem o Sistema Cartográfico Municipal:

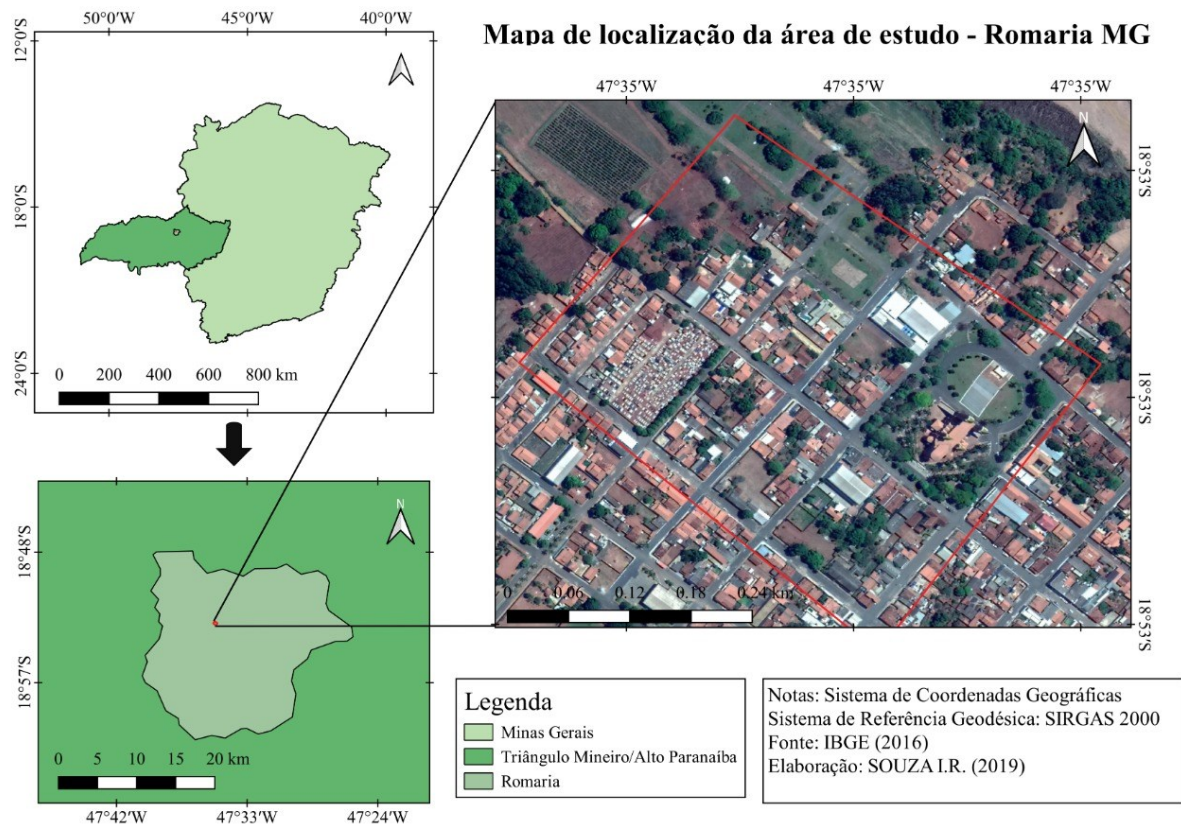
- a) Folhas de carta do IBGE em escala 1:100 000 e/ou 1:50 000;
- b) Folhas de carta na escala 1:10 000, que abrangem o território municipal;
- c) Plantas de Referência Cadastral, na escala 1:5 000, integrantes dos cadastros técnico e imobiliário fiscal do Município;
- d) Plantas indicativas de equipamentos urbanos, na escala 1:5 000, obtidas a partir de Plantas de Referência Cadastral integrantes dos cadastros técnico e imobiliário fiscal do Município;
- e) Plantas de Valores Genéricos de Terreno, na escala 1:5 000, obtidas a partir das Plantas de Referência Cadastral, integrantes do cadastro imobiliário fiscal do Município;
- f) Plantas Cadastrais Municipais, na escala 1:1 000 da área urbana e 1:5 000 da área rural, integrantes do cadastro técnico do Município;
- g) Plantas de Quadra, na escala 1:1 000 (ou 1:5 000), obtidas a partir das plantas cadastrais municipais, integrantes do cadastro imobiliário fiscal do Município;
- h) Arquivos magnéticos correspondentes aos levantamentos topográficos e/ou aerofotogramétricos realizados pela Prefeitura do Município ou através de convênios com órgãos estaduais e federais.” (NBR 14166, 1998).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho compreende o perímetro urbano do município de Romaria no estado de Minas Gerais, situada na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, próximo as coordenadas 18° 52' 57" de latitude sul e 47° 35' 08" de longitude oeste. Este município dispõe de uma área de 401,965 km² com perímetro urbano de aproximadamente 1 km² e população de 3.596 habitantes de acordo com dados do último censo (2010) – IBGE, a área de estudo escolhida possui aproximadamente 0,15 km² (**Figura 5**).

Figura 5 – Mapa de localização da área de estudo – Romaria MG



Fonte: A autora (2019).

5.2 MATERIAL

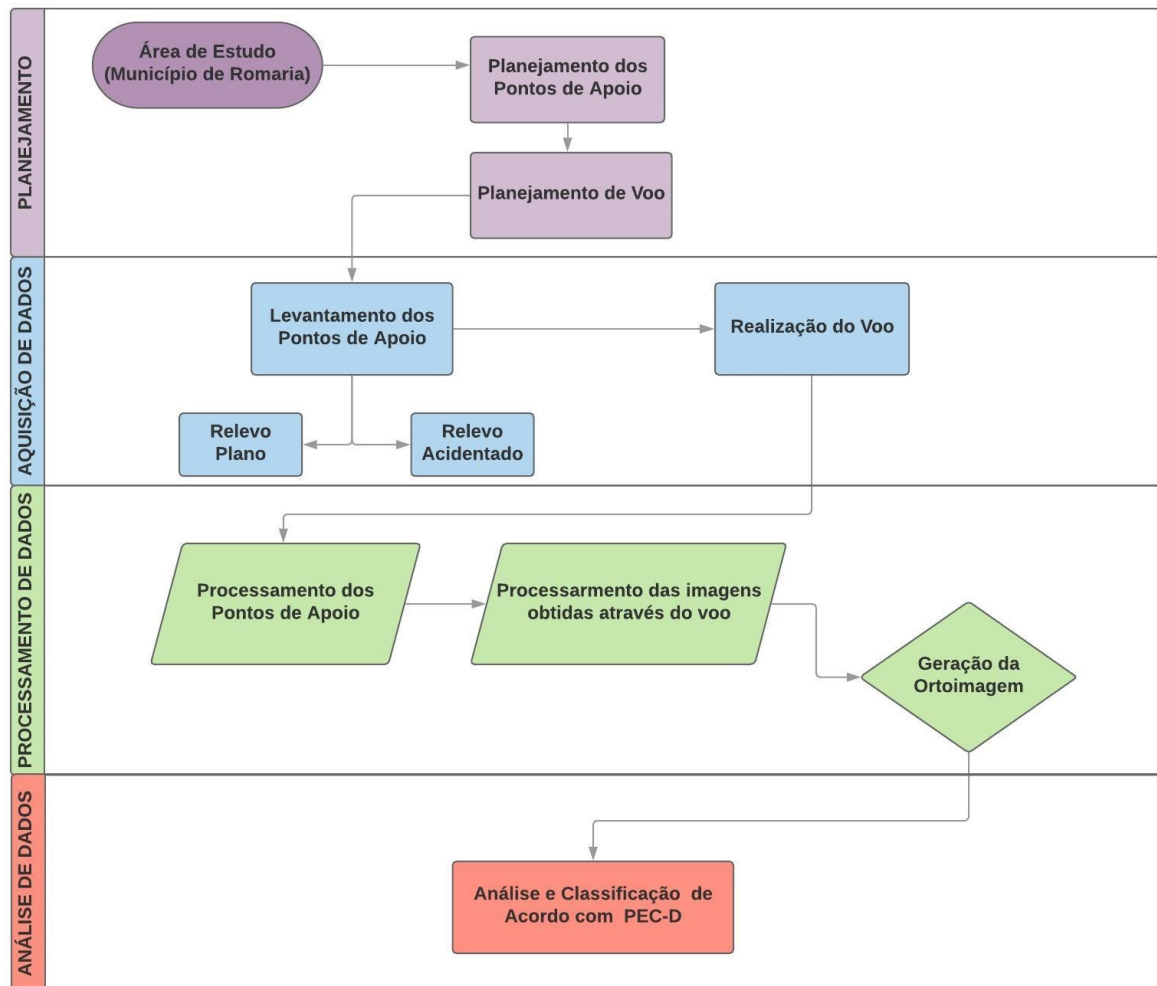
Para realização do presente trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Software DroneDeploy utilizado para a elaboração do planejamento de voo;
- Drone Phantom 4 Advanced, com peso de 1368 gramas, autonomia de voo de aproximadamente 30 minutos e equipado com câmara RGB de 20 megapixels e GPS integrado, utilizado para realizar o voo;
- Topcon Hiper V RTK utilizado para coletar os pontos de apoio;
- Software TOPCOM utilizado para converter os dados da base;
- Software GNSS Solutions utilizado para processar dados da base;
- Software PROGRID utilizado para converter coordenadas geográficas para coordenadas UTM;
- Software Pix4D utilizado para o processamento dos dados;
- Software GeoPEC utilizado para classificar a ortoimagem;

- Software QGIS utilizado para o planejamento da alocação dos pontos de apoio e para realizar a vetorização e confecção dos mapas.

5.3 MÉTODOS

Para a execução deste trabalho foram determinadas etapas sequenciais, cujos procedimentos realizados têm como objetivo ilustrar de forma lógica cada etapa do projeto descrito no fluxograma (**Figura 6**), a seguir:

Figura 6 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos

Fonte: A autora (2018).

5.3.1 Planejamento

Primeiramente foi realizado o planejamento do voo e dos pontos de apoio, nesta etapa foram definidas: a quantidade e distribuição dos pontos de apoio e todos os parâmetros necessários para posteriormente realizar o voo. Para definir a quantidade e distribuição dos pontos de apoio foi utilizado o *Qgis*, que possibilitou uma melhor visão da área, auxiliando na implantação desses pontos, como mostra a **Figura 7**. E o plano de voo foi feito através do *software Drone Deploy*, onde é possível definir por meio deste os parâmetros necessários como altura de voo, quantidade de linhas (faixas) e fotos que terá no aerolevantamento, sobreposição lateral e longitudinal, e assim por diante, como mostra a **Figura 8** e **Figura 9**.

Figura 7 – Alocação dos pontos de Apoio no *software Qgis*



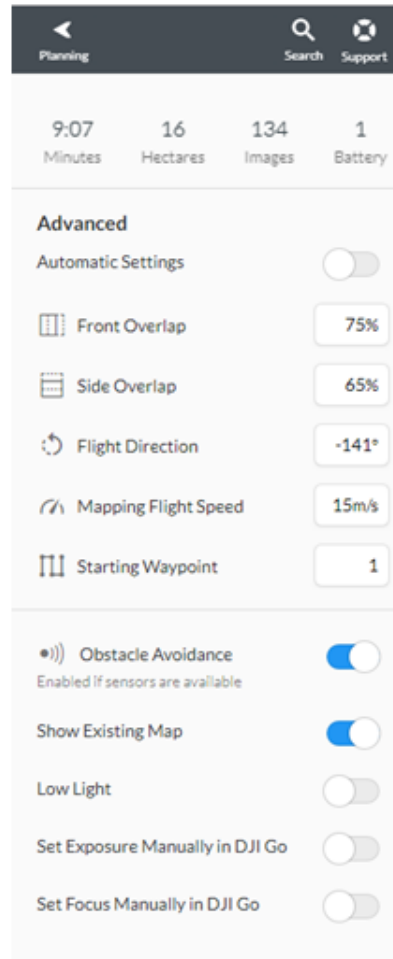
Fonte: A autora (2019).

Figura 8 – Plano de Voo feito no *Drone Deploy*



Fonte: A autora (2019).

Figura 9 – Informações utilizadas no plano de voo (*Drone Deploy*)



Fonte: A autora (2019).

Para se obter resultados com menor interferência atmosférica e de sombras devido à radiação, o voo foi realizado por volta das 13:00 horas, horário esse em que não há tanta interferência de sombras devido à posição do sol, e também foi consultada a previsão do tempo para a data do levantamento “*in locu*” para evitar imprevistos que poderiam atrapalhar a realização do voo e coleta de dados com RTK, como dias chuvosos.

5.3.2 Aquisição de Dados

Esta etapa compreende a parte de levantamento dos pontos de apoio e realização do voo. O voo foi realizado utilizando um *Drone Phantom 4 Advancend*, através da realização do

voo foram obtidas as imagens aéreas, como mostra a **Figura 10**, e a partir destas foi gerada a ortoimagem.

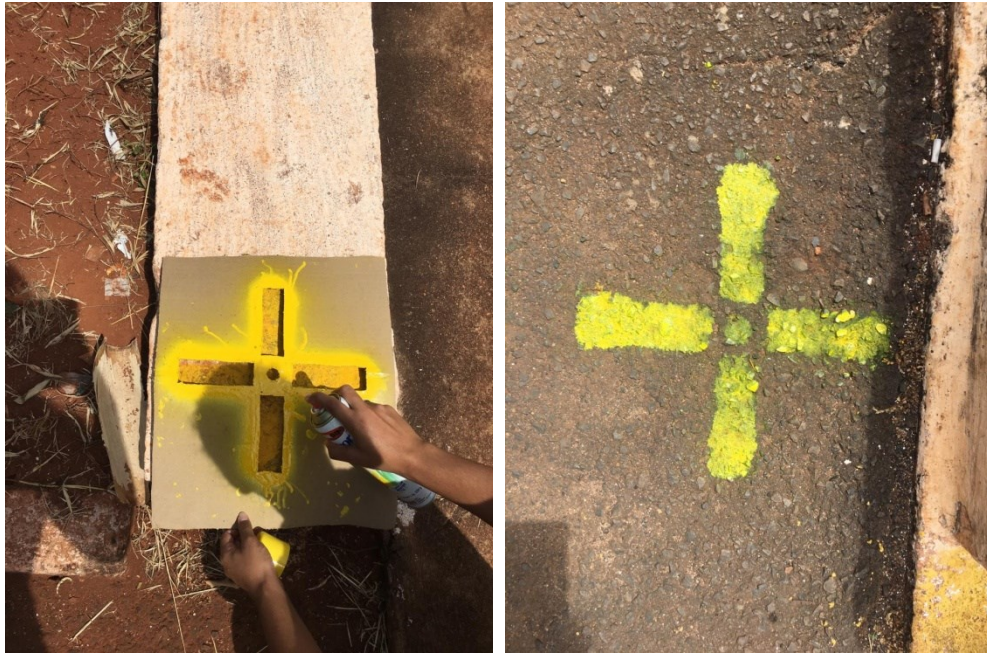
Para o levantamento dos pontos de apoio foram utilizados alvos amarelos e fotointerpretáveis (**Figura 11**), que por sua vez foram posicionados em lugares estratégicos para fácil identificação. Este processo torna-se necessário para se obter uma boa qualidade posicional da ortoimagem gerada, melhorando assim a precisão da mesma. Ainda sobre o levantamento dos pontos de apoio, o mesmo foi realizado em áreas, com relevo plano e com relevo acidentado, este processo foi executado para se conseguir chegar a um número mínimo ótimo de acordo com o tipo de relevo.

Figura 10 – Ponto de partida e finalização do plano de voo



Fonte: A autora (2019).

Figura 11 – Pontos de apoio



Fonte: A autora (2019).

Também foi utilizado o equipamento Topcon Hiper V RTK, para coleta dos pontos de apoio pelo método de posicionamento relativo. Nesta etapa foi instalada a base do receptor (**Figura 12**) em um ponto de coordenadas conhecidas (posicionado em frente à igreja - **Figura 13**) e em seguida os demais pontos foram sendo coletados através do ROVER (**Figura 14**).

Figura 12 – Equipamento Topcon Hiper V RTK instalado no marco VT ROM 01



Fonte: A autora (2019).

Figura 13 – Marco VT ROM 01



Fonte: A autora (2019).

Figura 14 – ROVER



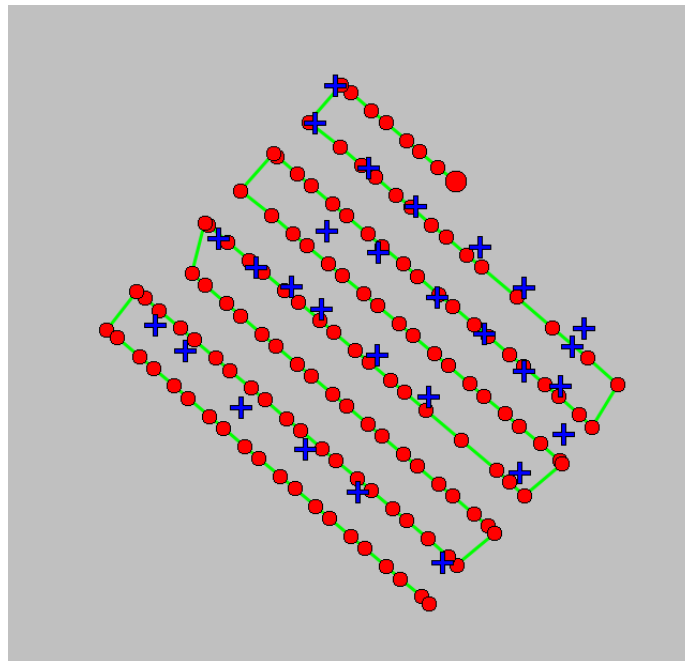
Fonte: A autora (2019).

5.3.3 Processamento de Dados

Nesta etapa do projeto, foram executados o processamento e manipulação dos pontos de apoio e dos dados brutos (fotos) obtidos a partir do aerolevantamento por ARP. Antes do processamento pode ser realizada uma seleção e filtragem de fotos, eliminando as que por ventura não estiverem com uma boa resolução, ajudando a evitar possíveis erros de processamento, no caso deste trabalho não foi necessário realizar esta seleção.

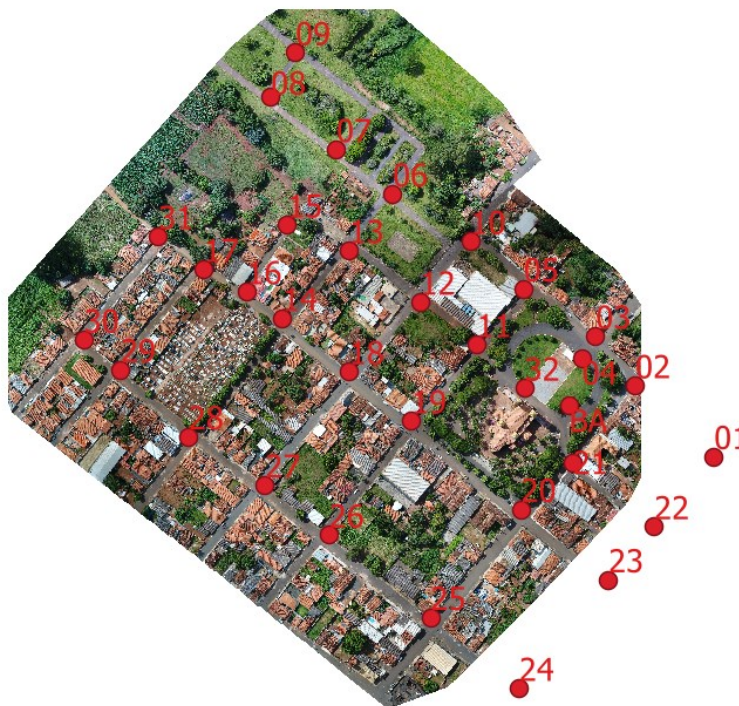
Em seguida, o procedimento computacional que envolve o processamento das imagens do aerolevantamento contou com a utilização dos *softwares Pix4D e Agisoft*. Eles foram responsáveis por realizar a fototriangulação, que possibilitou a determinação das coordenadas tridimensionais dos pontos no terreno. No *software Pix4D*, foram inseridas as fotos, e feita a identificação dos pontos de apoio nas mesmas, e por fim realizar a ortorretificação das imagens (geração da ortoimagem) necessária em etapas subsequentes.

Figura 15 – Processamento do plano de voo no *Pix4D*



Fonte: A autora (2019).

Figura 16 – Pontos de apoio processados no *QGis*



Fonte: A autora (2019).

Como os pontos 01, 22, 23 e 24 (**Figura 16**), estão fora da área de cobertura da imagem, os mesmos foram descartados do arquivo utilizado para realizar a avaliação e classificação do PEC-PCD, e assim não atrapalhar na melhor classificação da ortoimagem.

5.3.4 Análise dos dados

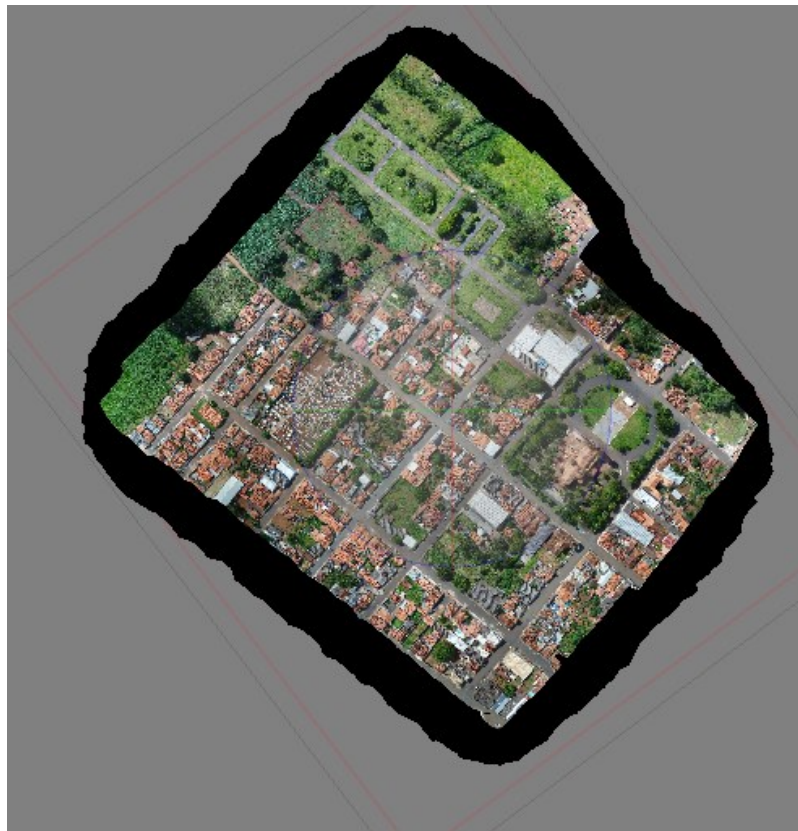
Neste trabalho, foram coletados um total de 32 pontos de apoio, como quatro pontos estavam fora da área coberta, os mesmos foram descartados. Sendo assim, restou uma amostra máxima de 28 pontos, sendo estes distribuídos de maneira uniforme por toda área de estudo, vale ressaltar que estes pontos foram coletados em áreas de relevo plano e relevo acidentado. Sendo assim foi realizada a avaliação e classificação da ortoimagem gerada. Em seguida, foi sendo diminuído o número de check points para esta área, para assim conseguir verificar o número mínimo ótimo de acordo com o tipo de relevo. Isto para verificar se o número mínimo ótimo encontrado obteve a melhor classificação do PEC-PCD e assim poder avaliar a ortoimagem, e analisar se a mesma atende aos parâmetros exigidos para realizar o cadastro técnico multifinalitário.

6 RESULTADOS

Este trabalho teve como intuito avaliar a potencialidade de um produto aerofotogramétrico de baixo custo para fins de cadastro técnico multifinalitário. Sendo assim o intuito deste trabalho é gerar uma ortoimagem e posteriormente classificar e verificar se a mesma atende aos parâmetros necessários para realizar o CTM de cidades de pequeno porte.

Para isso, foram realizadas desde etapa de planejamento do plano de voo e pontos de apoio, aquisição de dados que são os levantamentos “*in locu*” para captura das imagens e dos pontos de apoio, e processamento de dados que é o processamento e tratamento das imagens e dos pontos de apoio. Depois de realizadas todas as etapas descritas foi possível obter um produto final satisfatório. A ortoimagem obteve uma resolução (GSD) de 5 centímetros, parâmetro este que atende a NBR 14166 para aplicação no CTM. Os resultados apresentados nas figuras a seguir foram todos produzidos no *software Agisoft*.

Figura 17 – Modelo 3D



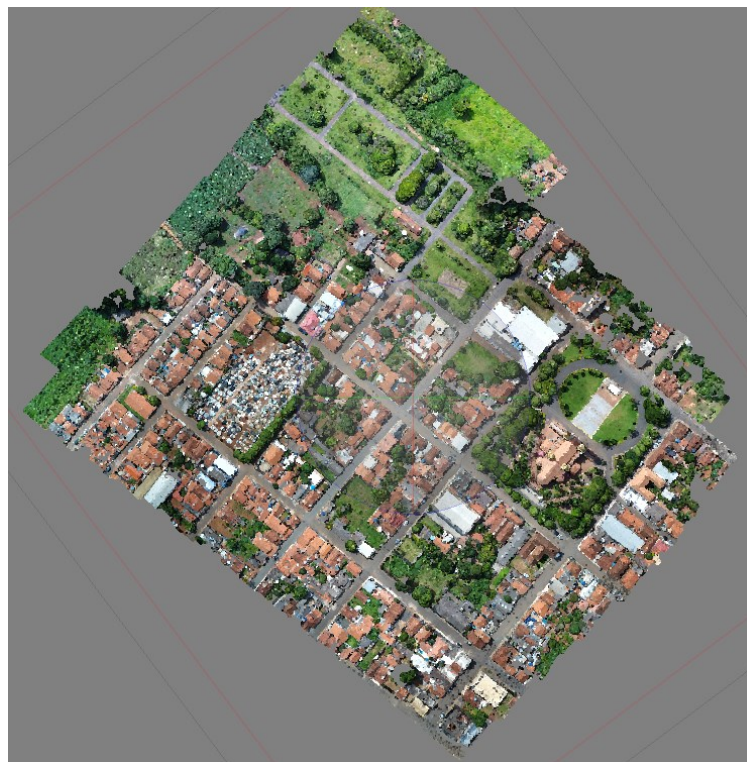
Fonte: A autora (2019).

Figura 18 – Ortoimagem



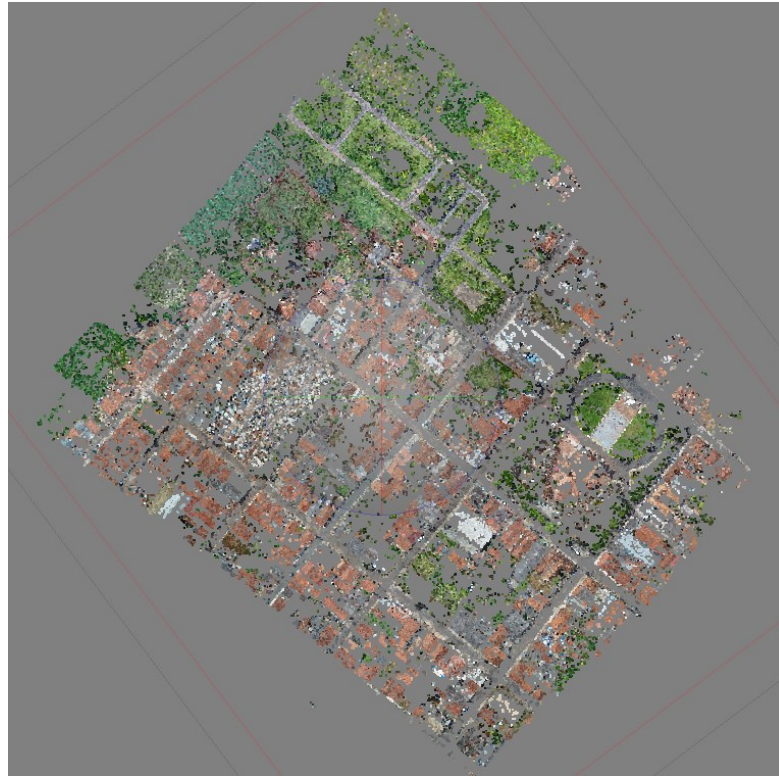
Fonte: A autora (2019).

Figura 19 – Nuvem de pontos densificada



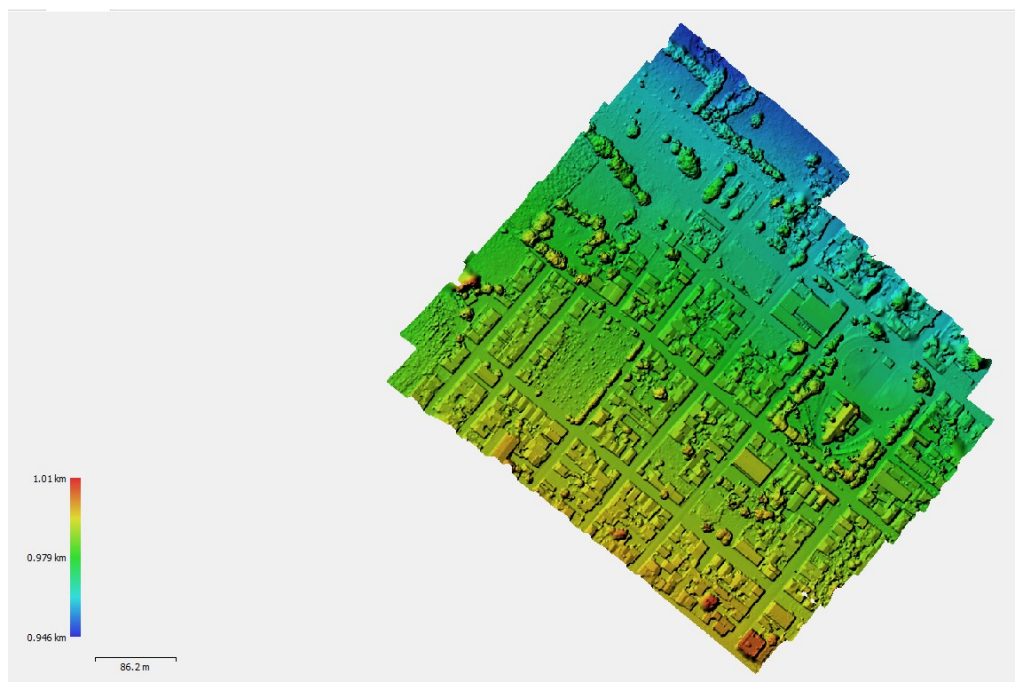
Fonte: A autora (2019).

Figura 20 – Nuvem de pontos



Fonte: A autora (2019).

Figura 21 – Modelo Digital de Superfície (MDS)



Fonte: A autora (2019).

Figura 22 – Ortoimagem



Fonte: A autora (2019).

Figura 23 – Ortoimagem ampliada



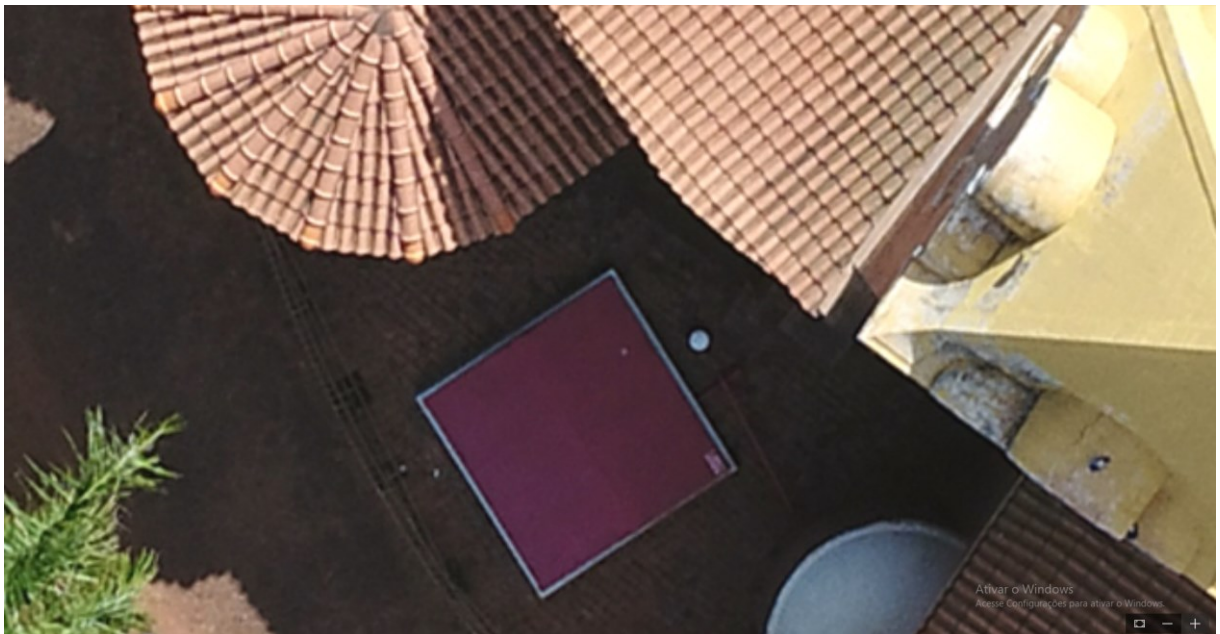
Fonte: A autora (2019).

Figura 24 – Ortoimagem ampliada

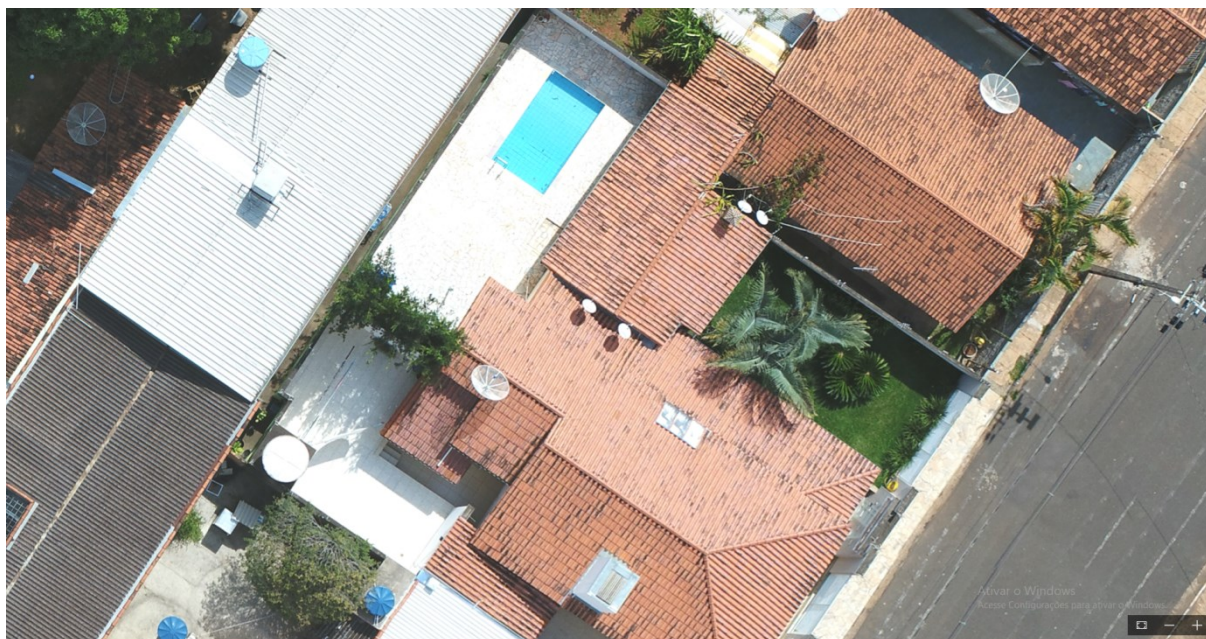


Fonte: A autora (2019).

Figura 25 – Ortoimagem ampliada



Fonte: A autora (2019).

Figura 26 – Ortoimagem

Fonte: A autora (2019).

A última etapa deste trabalho foi avaliar e classificar a ortoimagem de acordo com o PEC-PCD. De acordo com a **Tabela 1**, a densidade de pontos por hectare (ha) mostra que o número mínimo de pontos por hectare é 15 pontos. Levando-se em conta o relevo não suave (topografia da região). A conclusão é que esse tipo de produto depende de um número ainda alto de pontos de controle no terreno para atender a legislação vigente que classifica produtos cartográficos digitais no Brasil.

Tabela 1 – Classificação de acordo com o PEC-PCD

Número de Pontos	Área (ha)	Densidade de Pontos por Área	Atende ao PEC-PCD	PEC-PCD
28	16	1,75	Sim	Classe A
24	16	1,50	Sim	Classe A
19	16	1,19	Sim	Classe A
15	16	0,94	Sim	Classe A
5	16	0,31	Não	Classe B

Fonte: A autora (2019).

Por fim, este estudo visa contribuir de alguma forma para que gestores dos municípios de pequeno porte possam implementar ou atualizar o CTM por meio de novas alternativas com custo menor e bons resultados, e consequentemente conseguir por meio dessas informações realizar a tributação de impostos, acompanhar a expansão urbana e desenvolvimento da cidade, auxiliando para uma melhor gestão do município.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho utilizou-se ARP baixo custo para gerar ortoimagem para fins de cadastro. Foi possível de forma esclarecida expor uma metodologia para avaliação de produtos cartográficos obtidos por meio de técnicas de aerofotogrametria e sua classificação conforme o Decreto Lei nº 89.817. Os resultados da classificação da ortoimagem possui uma resolução espacial de 5 centímetros, o que possibilita utilizar a mesma em várias áreas do cadastro técnico e multifinalitário.

Desse modo, o produto gerado para área de estudo de 16 ha foi classificado como “acurado” para a escala de 1/2000. O resultado do PEC-PCD foi "Classe A" para os testes com 28, 24, 19 e 15 pontos, de acordo com o Decreto n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG. A análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais mostrou que a ortoimagem é precisa e não têm tendência.

Mas, para respectiva área de estudo, com escala de 1/1000, foi classificado como “não é acurado”. O resultado do PEC-PCD foi "Classe B" para o teste com 05 pontos, de acordo com o Decreto n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG. A análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais mostrou que a ortoimagem é precisa e têm tendência.

Apesar da carência de normas mais claras no que diz respeito à utilização destes produtos no cadastro, pode-se utilizar como referência a NBR 14166 – Rede de Referência Cadastral Municipal (Procedimento), que descreve melhor como implantar uma rede cadastral, assim como as escalas que devem ser utilizadas, sendo assim de acordo com a

classificação do PEC-PCD, e tendo a NBR 14 166 como referência concluiu que o ortoimagem gerada pode ser aplicada em várias áreas do CTM, exceto para produção de uma planta de quadra, onde a escala mínima para executar é de 1:1000 ou maior. Não se pode afirmar que a classificação da ortoimagem na escala 1:1000 de classe B, não poderá ser utilizada para produzir uma planta de quadra, pois a Lei nº 89.817/84, somente define classe e não descreve as funções que podem ser usadas e/ou aplicadas.

Desse modo, a utilização de ortoimagem oriunda de aeronaves remotamente pilotadas é um produto viável para o cadastro em municípios de pequeno porte, desde que sejam respeitadas as leis e os princípios da fotogrametria e cartografia.

REFERÊNCIAS

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regras sobre drones**. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf> Acesso em: 27 set 2018.

BRASIL. Portaria n. 511, de 6 de dezembro de 2009. Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros..., Brasília,DF, dez 2009.

_____. Projeto de Lei RBAC –E nº 94/2017. Regula as atividades de veículos aéreos não tripulados – VANT ou aeronaves remotamente pilotadas – ARP, comumente chamados DRONES, Brasília, DF, 2 maio 2017.

COELHO, Luiz; BRITO, Jorge Nunes. **Fotogrametria digital**. Ed. UERJ, 2007.

EXÉRCITO BRASILEIRO. PORTARIA Nº - 008 - DCT, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2016. Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais 2a Edição – 2016.

_____. PORTARIA Nº 014 - DCT, DE 28 DE ABRIL DE 2014. Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais 1a Edição - 2014.

_____. PORTARIA Nº 012 - DCT, DE 22 DE ABRIL DE 2015. Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (EB80-N-72.003) – 1ª Parte – 1ª Edição – 2015.

_____. Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (EB80-N-72.003) – 2ª Edição – 2011.

COSTA, G. C. e SILVA, D. C. **Classificação de Mapeamento Aerofotogramétrico com Imagens de Câmeras Digitais Não-Métricas para fins de Projetos de Estradas**. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Revista Brasileira de Cartografia No 61/03, 2009.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Dados censo 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/romaria/panorama>> Acesso em: 30 out 2018.

IPEA. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. ipeaGEO. Ministério do Planejamento. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/ipeageo/malhas.html>> Acesso em: 26 nov 2018.

GONÇALVES, R. A. P. et al. **Desenvolvimento de software para o planejamento de voo fotogramétrico**. UFRRJ. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, PE, 27-30, Julho 2010, p. 000-008.

HORUS Aeronaves. **Uso de vants no cadastramento urbano**. 26 set 2017. Disponível em: <<https://horsaeronaves.com/uso-de-vants-cadastramento-urbano/>> Acesso em: 24 set 2018.

LILLESAND, T. e KIEFER, R. *Remote sensing and image interpretation*. 4 ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons, 2000.

LOCH, Carlos. **A Realidade do cadastro Técnico Urbano No Brasil**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26, abril 2007, INPE, p. 5357-5364.

LOCH, C.; LAPOLLI, E. M. **Elementos Básicos de Fotogrametria e sua Utilização Prática**, Ed. Da UFSC, Florianópolis, SC, 1994.

MASSON, C. e STENBERG, D. Model-based Design Development and Control of a Wind Resistant Multicopter UAV, Department of Automatic Control, 2014.

MEISTER, O. et al. *Development of a GPS/INS/MAG Navigation System and Waypoint Navigator for a VTOL UAV*. *Proceedings on SPIE Unmanned Systems Technology IX* 9- 12, Orlando, 2007.

NICHETTI, M. E. H. **Análise geométrica de levantamento urbano utilizando imagens orbitais e veículo aéreo não tripulado**. Trabalho de Conclusão de Curso II, UTFPR, 2016.

PFEIFER, M. **Cadastro Técnico Multifinalitário Para Cidades de Pequeno Porte**. Monografia do Curso de Especialização em Geomática, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS, 2018.

PIX4D. Try pix4dmapper. Disponível em: <<https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>>. Acesso em: 05 de out de 2018.

Portal da Transparência do Estado de Minas Gerais. **Despesa**. Disponível em: <<http://www.transparencia.mg.gov.br/despesa-estado/despesa>> Acesso em: 24 set 2018.

_____. **Receita**. Disponível em: <<http://www.transparencia.mg.gov.br/estado-receita>> Acesso em: 24 set 2018.

_____. **Mapa de Investimento**. Disponível em: <<http://www.transparencia.mg.gov.br/despesa-estado/mapa-de-investimento>> Acesso em: 24 set 2018.

QUARITSCH, M. *Collaborative microdrones: Applications and Research Challenges*. Turim, Itália, 2008.

Ranking de Competitividade dos Estados. Governo Federal. Disponível em:
<<http://www.rankingdecompetitividade.org.br/perfil>> Acesso em: 24 set 2018.

REDWEIK, Paula. **Fotogrametria aérea**. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa. Pág. v. 3, 2007.

SALÁRIO. Disponível em: <<https://www.salario.com.br/profissao/engenheiro-agrimensor-cbo-214805/>> Acesso em: 26 nov 2018.

_____. Disponível em: < <https://www.salario.com.br/profissao/tecnico-em-agrimensura-cbo-312305/>> Acesso em: 26 nov 2018.

SANDRA. **Tipos de Drones: Explore os Diferentes Tipos de Drones**. Filmora. 2017.
Disponível em: <<https://filmora.wondershare.com/pt-br/drones/types-of-drones.html>> Acesso em: 27 set 2018.

WOLF, P.R.; DEWITT, B.A. *Elements of Fotogrammetry: with Application in GIS*. 3rd edition. USA: McGraw-Hill, 2004.

ANEXO

ANEXO A – Relatório da Estação Geodésica (99680)



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	99680	Nome da Estação :	99680	Tipo :	Estação GPS
Município :	MONTE CARMELO			UF :	MG
Última Visita:	04/03/2017	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	18 ° 43 ' 26,77271 " S	Altitude Ortométrica(m)		Gravidade(mGal)	
Longitude	47 ° 31 ' 25,66202 " W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica(m)	912,469	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	04/03/2017				
Data Cálculo	27/03/2017				
Sigma Latitude(m)	0,001				
Sigma Longitude(m)	0,001				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,003				
UTM(N)	7.927.817,000				
UTM(E)	233.867,337				
MC	-45				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 30/07/2018 - Relatório em : http://geofp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_altimetria/relatorio/relatorio_REALT_2018.pdf
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em : http://geofp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planialtimetrica/relatorio/rel_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em : <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10855-modelo-de-ondulacao-geoidai.html>
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015 disponível em : http://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf

Localização
Na Universidade Federal de Uberlândia - UFU, no campus de Monte Carmelo, Rodovia LMG 746, km 1.
Descrição
Cilindro de concreto, medindo 30 cm de diâmetro, altura de 1,4 m, sobre base circular de 80 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Possui dispositivo de centragem forçada no seu topo.
Observação
Estação da RBMC

ANEXO B – Descritivo MGMT (99680)



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
MGMT - Monte Carmelo

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
 Data: 12/04/2017
 Atualização: 17/11/2017 - Atualização de Firmware

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: MONTE CARMELO
 Ident. da Estação: MGMT
 Código SAT: [99580](#)
 Código Internacional: 48057MD01

2. Informação sobre a localização

Cidade: Monte Carmelo
 Estado: Minas Gerais
 Informações Adicionais: Cilindro de concreto, medindo 30 cm de diâmetro, altura de 1,4 m, sobre base circular de 60 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Possui dispositivo de centragem forçada no seu topo. Na Universidade Federal de Uberlândia - UFU, no campus de Monte Carmelo, Rodovia LMG 746, km 1.

3. Coordenadas oficiais**3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)**

Coordenadas Geodésicas		
Latitude:	- 18° 43' 26,77271"	Sigma: 0,001 m
Longitude:	- 47° 31' 25,66202"	Sigma: 0,001 m
Alt. Elip.:	912,469 m	Sigma: 0,003 m
Coordenadas Cartesianas		
X:	4.081.095,4123 m	Sigma: 0,002 m
Y:	-4.457.449,2140 m	Sigma: 0,002 m
Z:	-2.034.743,2647 m	Sigma: 0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)		
UTM (N):	7.927.817,000 m	
UTM (E):	233.867,337 m	
MC:	-45	

4. Informações do equipamento GNSS**4.1. Receptor**

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR8
 Número de Série - 4923K35493
 Versão do Firmware - 4.8.01 (Principal)
 Atualização do Firmware - 17/11/2017 às 11:05 UTC

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR8
 Número de Série - 4923K35493
 Versão do Firmware - 4.87 (Principal)
 Data de Instalação - 01/12/2016 às 18:00 UTC

4.2. Antena



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
MGMT - Monte Carmelo

4.2.1 Tipo de Antena	- GNSS CHOKE RING (TRM59800.00)
URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM59800.00%2BNONE.gif
Número de Série	- 4951353652
Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
Data de Instalação	- 01/12/2016 às 18:00 UTC

5. Informações Complementares

5.1. Para informações técnicas contatar:

Nome: IBGE/DGC/Coordenação de Geodésia
 Endereço: Av. Brasil, 15.671, CEP 21.241-051, Rio de Janeiro, RJ
 Telefone: (21) 2142-4935
 FAX: (21) 2142-4859
 Home Page: www.ibge.gov.br
 Contato: rbmc@ibge.gov.br

5.2. Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE
 Endereço: Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ
 Telefone: 0800-721-8181
 Contato: ibge@ibge.gov.br

5.3. Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/parcerias.shtm>

ANEXO C – Relatório do processamento da base no GNSS Solutions

Land Survey Overview

GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

23/04/2019 09:35:46

www.spectraprecision.com

Project Name : TCC_ISADORA
 Spatial Reference System : WGS 84
 Time Zone : (UTC-03:00) Brasília
 Linear Units : Meters

Coordinate System Summary

Coordinate system

Name : WGS 84
 Type : Geographic
 Unit name : Radians
 Radians per unit : 1
 Vertical datum : Ellipsoid
 Vertical unit : Meters
 Meters per unit : 1

Datum

Name : WGS 84
 Ellipsoid Name : WGS 84
 Semi-major Axis : 6378137.000 m
 Inverse Flattening : 298.257223563
 DX to WGS84 : 0.0000 m
 DY to WGS84 : 0.0000 m
 DZ to WGS84 : 0.0000 m
 RX to WGS84 : -0.000000 "
 RY to WGS84 : -0.000000 "
 RZ to WGS84 : -0.000000 "
 ppm to WGS84 : 0.000000000000

Control Points

<u>Error</u>	Name		Components		95%	Status	Control
					Error		
	MGMT	Long	47° 31'	25.66202"W	0.001	FIXED	
		Lat	18° 43'	26.77271"S	0.001	FIXED	
		Ellips height		912.469	0.003	FIXED	
		Description	MGMT				

Logged Points

Name	Components		95%	Status
			Error	
Base1	Long	47° 35'	06.43201"W	0.025 Processed (static)
	Lat	18° 52'	57.56110"S	0.032 Processed (static)
	Ellips height		936.820	0.051 Processed (static)
	Description	Base1		

Files

Name	Start Time	Sampling	Epochs	Size (Kb)	Type
Base100o.190	19/04/10 11:11:55	5	1161	1152	L1/L2 GPS/GLONASS
mgmt1001.19d	19/04/09 21:00:00	15	5760	8372	L1/L2 GPS/GLONASS

Occupations

File	Site	Start Time	Time span	Type
Base	10 abril 2019	11:11:55.00	01:36:40.00	Static
Base100o.190				
MGMT	9 abril 2019	21:00:00.00	23:59:45.00	Static
mgmt1001.19d				

Processes

Reference	Reference File	Rover	Rover File	Mode	Num
MGMT	mgmt1001.19d	Base1	Base100o.190	Static	1

Processed vectors

Vector Identifier	Vector Length	95% Error	Vector Components	95% Error	SV	PDOP	QA	Solution
MGMT - Base1	18705.602	0.092	X -8573.719	0.038	14	1.4	No	Fixed
19/04/10 11:11:55.00			Y -205.659	0.037				
+01:36:40.00			Z -16623.736	0.037				